(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 101 03 425 A 1**

(51) Int. Cl.[7]:
B 01 F 5/02
B 01 F 3/08
B 01 F 3/10
B 01 J 19/00
B 81 B 1/00

(21) Aktenzeichen: 101 03 425.3
(22) Anmeldetag: 26. 1. 2001
(43) Offenlegungstag: 1. 8. 2002

DE 101 03 425 A 1

(71) Anmelder:
BASF AG, 67063 Ludwigshafen, DE

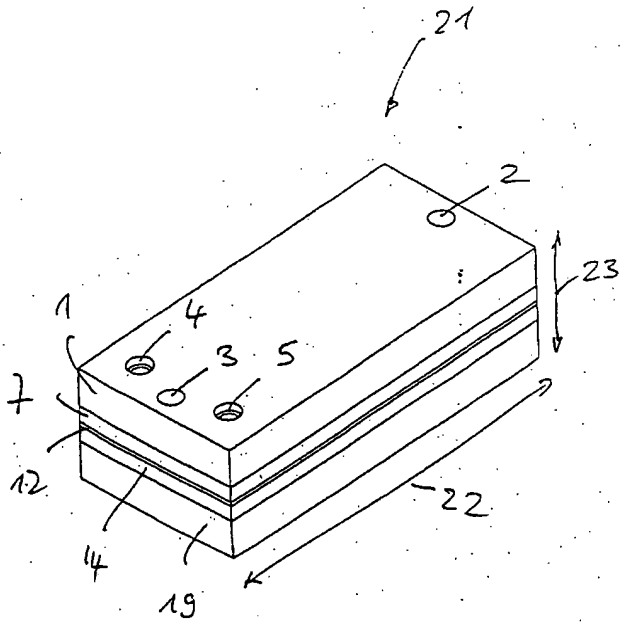
(72) Erfinder:
Wittstock, Klaus, Dr., 67435 Neustadt, DE; Götz, Alexander, 67149 Meckenheim, DE; Neuhaus, Ralf, Dr., 69124 Heidelberg, DE; Dolch, Stefan, 67061 Ludwigshafen, DE; Katsichtis, Charilaos, Dr., 69118 Heidelberg, DE

BEST AVAILABLE COPY

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Statischer Mischer mit geschichtetem Aufbau

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Mischen mindestens zweier Stoffströme oder zum Homogenisieren eines inhomogenen Stroms. Gemäß des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens und der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Vorrichtung werden die nachfolgenden Verfahrensschritte in einer Mischapparatur (21) durchlaufen. Mindestens zwei Stoffströme (1, 2) oder ein inhomogener Strom werden in zwei übereinander liegenden Ebenen (7, 14) geführt. In Durchströmungsrichtung (11, 18) gesehen verringern sich die Strömungsquerschnitte in den Ebenen (7, 14) kontinuierlich. Die mindestens zwei Stoffströme (1, 2) oder der inhomogene Strom werden in Strömungsrichtung (11, 18) gesehen zwischen den übereinander liegend angeordneten Ebenen (7, 14) kontinuierlich in Zonen mehrfach aufgeteilt und in Zonen vereinigt, was vorzugsweise oberhalb einer abströmseitig vorgesehenen Auslaßöffnung (20) geschieht.



DE 101 03 425 A 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen statischen Mischer mit geschichtetem Aufbau, mit dem ein oder mehrere Stoffströme in einem Rohr oder einem Kanal durch Einbauten und/oder Querschnittveränderungen z. B. homogenisierbar sind.

[0002] Aus DE 39 26 466 C2 ist ein Mikroreaktor zur Durchführung chemischer Reaktionen von zwei chemischen Stoffen mit starker Wärmetönung bekannt. Die Stoff-, Reaktions- und Wärmeführung erfolgt in Elementen aus zwei oder mehreren übereinander liegenden Platten, die durch ein System aus auf dem Zerspanungswege hergestellte Rillen durchzogen und verbunden sind. Zwischen den Stoffströmen bestehen Wandstärken von 10 bis 1.000 µm, vorzugsweise zwischen 25 und 100 µm, so daß die Stoffströme aus den einzelnen Platten durch quer verlaufende Rillen, die Mischräume bilden, miteinander vermischt werden. Der Mikroreaktor zur Durchführung chemischer Reaktionen weist von einem Kühlmedium durchflossene Ebenen auf.

[0003] Mehrere die Reaktion führende Elemente werden durch eine Wärmebehandlung vorzugsweise im Diffusionsschweißen oder im Diffusionslöten zu einer festen und nach Außen abgedichteten Einheit verbunden. Der Mikroreaktor besteht aus einem katalytisch wirksamen Metall, vorzugsweise Platin, Palladium, Nickel oder Eisen.

[0004] DE 197 41 645 A1 bezieht sich auf ein Verfahren und Vorrichtung zur Oxidation organischer Verbindung in flüssiger Phase unter Verwendung peroxidischen Oxidationsmittel. Die organische Verbindung wird in Form einer Lösung durch Zugabe eines peroxidischen, mindestens zwei verbundene Sauerstoffatome enthaltenden Oxidationsmittels aufoxidiert. Zu diesem Zweck wird ein die organische Verbindung enthaltendes Edukt A und ein das peroxidische Oxidationsmittel enthaltendes Edukt B kontinuierlich miteinander vermischt, dann wird das flüssige Reaktionsgemisch in einem Mikroreaktor mit einer Schar von parallelen Reaktionskanälen und benachbart angeordneten Kühlkanälen zugeführt und gleichzeitig auf die Reaktionskanäle verteilt. Die Kühlkanäle werden dabei mit einem Kühlmittel beschickt, um die durch die exotherme Oxidationsreaktion in den Reaktionskanälen erzeugte Wärme im Mikroreaktor abzuführen. Der zu diesem Zweck verwendete Mikroreaktor ist dadurch charakterisiert, daß die größte Kanalabmessung der Reaktionskanäle senkrecht zur Strömungsrichtung der benachbarten Kanäle < 1.000 µm, vorzugsweise < 500 µm beträgt und die kleinste Wandstärke zwischen den Reaktionskanälen und den Kühlkanälen < 1.000 µm vorzugsweise < 100 µm liegt. Besonders bewährt hat sich ein Mikroreaktor mit mehreren seriellen Stufen, deren Reaktionkanalquerschnitte in Strömungsrichtung zunehmen. Das vorgeschlagene Verfahren wird bevorzugt zur Oxidation organischer Sulfide eingesetzt, wobei als Oxidationsmittel Wasserstoffperoxid verwendet wird. Zwischen dem Mischer zur Mischung der Edukte A bzw. B und den einzelnen Mikroreaktorstufen kann ein adiabatischer Rohrreaktor angeordnet sein.

[0005] DE 195 40 292 C1 offenbart einen statischen Mikrovermischer. Der hier offenbarte statische Mikrovermischer ist mit einer Mischkammer und einem vorgeschalteten im Führungsbauteil für die getrennte Zufuhr von zu mischenden oder zu dispergierenden Fluiden zu der Mischkammer versehen. Das Führungsbauteil ist aus mehreren plattenartigen übereinander geschichteten Elementen zusammengesetzt, die von je einer Reihe langgestreckter benachbart zueinander verlaufender Kanäle durchzogen sind. Es sind wenigstens zwei Arten von Elementen A und B vorgesehen, die abwechselnd übereinander geschichtet sind und deren Reihen von Kanälen mit ihren an die Mischkammer angrenzenden Mündungen übereinander liegen. Dort bilden sie einen gemeinsamen Querschnitt, wobei abwechselnd die Reihen von Kanälen der Elementenart A zu einer Zufuhrkammer eines Fluides A' und die Reihen von Kanälen der Elementenart B zu einer Zufuhrkammer eines Fluides B', führen. Die plattenartigen Elemente A und B für das Führungsbauteil bestehen jeweils aus dünnen Folien mit einer Dicke von 30 bis 1.000 µm, vorzugsweise < 250 µm bei einer lateralen Ausdehnung im mm-Bereich. In diese sind je eine Schar benachbarter Nuten eingearbeitet, so daß beim Übereinanderschichten der Folien je eine Reihe von Kanälen für die Führung der zu mischenden Fluide A' und B' entsteht. Die Nuten haben Tiefen von < 1.000 µm, vorzugsweise < 250 µm, Breiten von 10 µm bis in den mm-Bereich, vorzugsweise jedoch < 500 µm bei Wanddicken der Zwischenstärke und Nutenböden von < 1.000 µm, vorzugsweise < 250 µm. Die jeweiligen Scharen von Nuten in den übereinander geschichteten Folien verlaufen bogenförmig gekrümmt und abwechselnd von der Mischkammer zu je einer Zufuhrkammer für das Fluid A' und B' in der Weise, daß alle Scharen von Nuten der Folien parallel zueinander ausgerichtet in die Mischkammer münden.

[0006] Die übereinandergeschichteten Folien können zu einem vakuumdichten und druckfesten Mikrostrukturkörper miteinander verbunden z. B. diffusionsverschweißt werden, an welchen die Zufuhrkammer und die Mischkammer angeschlossen werden kann. Die Rohfolie kann mittels Unterdruck auf eine drehbare geschliffene Metallsinterplatte gespannt werden, wobei die sich drehende Rohfolie mittels eines Formdiamanten in einen mittleren Bereich der Rohfolie zwischen deren Drehmittelpunkt und deren Peripherie mit einer Schar konzentrischer Nuten versehen werden kann. Die Rohfolie kann in mehrere Einzelfolien unterteilt werden in der Weise, daß durch zwei aufeinander senkrecht stehende, sich im Drehmittelpunkt kreuzende Schnitte vier Segmente entstehen und daß durch weitere Schnitte an jedem Segment Deckungsgleiche Fünfecke gebildet werden können.

[0007] Aus WO 97/14497 ist eine Mikromischer bekannt geworden, in welchem chemische Verfahren durchgeführt werden können, wobei der Mikromischer in Plattenbauweise ausgeführt ist. Gemäß dieser Lösung lassen sich in einer in Mikrokomponentenform ausgeführten chemischen Umsetzungsanordnung, Verfahren, die im großtechnischen Maßstab ablaufen können, im Mikromaßstab durchführen. Die plattenförmige Bauweise des Mikroreaktors kann einzelne Schichten umfassen mit einer Anzahl von einander getrennter Mikrokomponentensektionen. Alternativ kann die plattenförmige Anordnung eine Anzahl von Schichten mit einer oder mehrerer Mikrokomponentensektionen auf jeder Schicht aufweisen. Jede Mikrokomponente oder jede Vielzahl von gleichen Mikrokomponenten dient zur Durchführung mindestens eines chemischen Prozesses bei Betrieb des Mikroreaktors. Eine erste Schicht mit einer Vielzahl gleicher erster Mikrokomponenten wird mit mindestens einer zweiten Schicht kombiniert, die eine Anzahl gleicher zweiter Mikrokomponenten enthält, so daß durch Kombination mindestens zweier Teilprozesse ein Gesamtsystemprozeß erreicht werden kann.

[0008] EP 0 754 492 A2 bezieht sich auf einen chemischen Reaktor in Plattenbauweise. Es wird ein in Plattenbauweise ausgeführter chemischer Reaktor und ein Verfahren zum Betrieb dieses Reaktors offenbart, in dem zwei oder mehr voneinander getrennte Fluidkomponentenströme reagieren. Der Reaktor enthält eine oder mehrere Reaktorplatten, welche mindestens eine Reaktorplatte einschließen, in der eine Reaktionskammer ausgebildet ist. Zumindest eine

Reaktionskammer ist an einer ersten Stirnseite einer Reaktorkammermischplatte ausgebildet; zumindest ein Wärmeaustauschkanal durchzieht die Reaktionskammer enthaltende Mischplatte, so daß zumindest ein Bereich des Wärmeaustauschkanals in einer Wärmeaustauschbeziehung mit der Reaktionskammer steht. Die Reaktionskammer, die in einer Schicht des chemischen Reaktors ausgebildet ist, enthält eine Vielzahl von Einlaßöffnungen zur Aufnahme und Weiterleitung einer Vielzahl von einander getrennter Fluidkomponentenströme, eine erste Mischzone zum Mischen der voneinander getrennten Fluidkomponentenströme, so daß aus diesen ein einziger zumindest teilweise abreagierter Mehrkomponentenfluidstrom entsteht und zumindest eine Auslaßöffnung.

[0009] Plattenstrukturen endlicher Ausdehnung, in die eine oder mehrere Aussparungen in Form nutförmiger Kanäle unterschiedlicher Geometrie eingearbeitet sein können, sind prinzipiell geeignet, Stoffströme zu führen. Die Trennflächen zwischen den Platten sind plan, wobei sich die Platten demontierbar miteinander verbinden lassen. Werden mindestens zwei Plattenstrukturen so aufeinandergesetzt, daß die Nuten einer Platte durch andere Platten verschlossen werden, so werden aus offenen Kanälen geschlossene Kanäle. Stoffströme können diese geschlossenen Kanäle durchströmen. Das Kanalsystem zwischen den Platten kann als Rohr- bzw. Rohrnetz und/oder als Mischer, Behälter oder Reaktor einer Chemieanlage oder einer Anlage beispielsweise der Pharma- oder Lebensmittelindustrie aufgefaßt werden. Man kann physikalisch oder chemische Stoffveränderungen in diesen Kanälen durchführen. Bohrungen durch die Plattenebenen ermöglichen Stoffströmen einen oder mehrere Ein- oder Austritte in das Kanalsystem. Mehrere Platten lassen sich so aufeinanderlegen, daß Ein- bzw. Austrittsöffnungen Verbindungen erlauben und Nuten durch die jeweils nächste Platte zu geschlossenen Kanälen werden. Auf diese Weise lassen sich sehr vielfältige Strukturen z. B. für Misch- oder Stoffumwandlungsprozesse aus einem Modul-Baukasten aus profilierten Platten bereitstellen. Die Trennflächen der Platten können an manchen Stellen den Strömungs- und Mischraum begrenzen. Der Strömungs- und Mischraum kann sich aber auch über Aussparungen und Nuten mehrerer Platten erstrecken oder durch Stege oder Einbauten voneinander getrennt sein.

[0010] Angesichts der skizzierten Lösungen aus dem Stande der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde einen statischen Mischer zum Mischen von zwei oder mehreren Stoffströmen oder zum Mischen eines inhomogenen Stromes zu dessen Homogenisierung bereitzustellen, der besonders einfach aufgebaut ist und sich modular verwenden läßt.

[0011] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß bei einem Verfahren zur Mischung mindestens zweier Stoffströme oder zum Homogenisieren eines inhomogenen Stromes in einer Mischapparatur die mindestens zwei Stoffströme oder der inhomogene Stoffstrom mäanderförmig in mindestens zwei übereinander liegenden Ebenen geführt wird, wobei sich in Durchströmungsrichtung der Ebenen gesehen eine kontinuierliche Verringerung und eine sich daran anschließende Erweiterung der Strömungsquerschnitte mindestens einmal entlang der Mischstrecke in den übereinanderliegenden Ebenen einstellt und die mindestens zwei Stoffströme oder der inhomogene Strom kontinuierlich über in einer Aufteilungsebene liegende Durchbrüche zwischen den übereinander liegenden Ebenen aufgeteilt wird.

[0012] Die Vorteile des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens sind vor allem darin zu erblicken, daß diese mit einer extrem einfachen und kostengünstigen Fertigungsweise realisierbar ist. Es lassen sich beliebige dreidimensionale Strömungs- und Mischraumgeometriestrukturen durch Kombination von übereinander liegenden Ebenen aufbauen. Die zwischen den Ebenen liegenden Trennflächen werden ebenfalls zur Strömungsführung bzw. Aufteilung oder zur Umleitung der Strömung herangezogen. Die erfindungsgemäß vorgeschlagenen Ebenen, in denen die mindestens zwei Stoffströme oder der inhomogene Strom geführt wird, können mit Planflächen versehen sein, die sich bezüglich der Oberflächenrauhigkeit, der Planparallität sowie der Ebenheit sehr genau bearbeiten lassen. Dadurch kann eine Abdichtung der Ebenen gegen die Außenwelt herbeigeführt werden.

[0013] In weiterer Ausgestaltung des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens lassen sich die mindestens zwei Stoffströme oder der inhomogene Strom in einem in einer Zuführschicht vorgesehenen Vormischraum miteinander mischen. Durch die Vormischung der beiden getrennten Stoffströme bzw. des inhomogenen Stromes läßt sich eine Verbesserung des Wirkungsgrad der eigentlichen Vermischung bzw. Verwirbelung der Teilströme der beteiligten Komponenten, die sich während der Passage der Mischapparatur einstellt, erzielen.

[0014] In weiterer Ausgestaltung des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens ist der Strömungsbewegung der getrennten Stoffströme **1** bzw. **2** oder des inhomogenen Stromes in Strömungsrichtung eine Austauschbewegung durch Durchbrüche einer Trennebene in vertikale Richtung überlagert. Mit der Austauschbewegung in vertikale Richtung kann ein Umschichten, und/oder ein weiteres Teilen, oder ein Kreuzen der Teilströme erreicht werden, so daß abhängig von sich bei unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten einstellenden Reynolds-Zahlen, eine gleichmäßigere Mischung der Komponenten möglich ist.

[0015] Die Vergleichmäßigung der Mischung der zu mischenden Komponenten wird gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens dadurch begünstigt, daß aus den mindestens zwei Stoffströmen oder dem inhomogenen Strom gebildeten Teilströmen in Strömungsrichtung gesehen Strömungskanäle mit sich verringernder Querschnittsfläche passieren. Es können Zonen ausgebildet werden, in denen sich mehrfach hintereinander sich anschließende Querschnittsverbreiterungen und Querschnittsverringerungen erstrecken können. Die Verringerung der Querschnittsfläche erzeugt ein Dehnen der beteiligten Komponenten, was einer sich während der weiteren Passage der Mischapparatur einstellenden Vermischung günstig ist.

[0016] Gemäß weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens werden die mindestens zwei Stoffströme oder der inhomogene Strom während der Führung bzw. Aufteilung in die übereinander liegend angeordneten Führungsebenen entweder durch elektrische Temperiereinrichtungen beheizt oder mittels eines ebenfalls durch die Mischapparatur entweder gleich- oder gegensinnig strömenden Kühlmediums bzw. Heizmediums entweder gekühlt oder beheizt. Sich während der Vermischung einstellende Reaktionswärme kann über ein die Mischappartur durchströmendes Kühlmedium abgeführt werden; eine eine Durchmischung fördernde Temperaturerhöhung kann in umgekehrten Falle ebenfalls in der Mischappartur erfolgen, sei es auf elektrischem Wege oder durch die Zufuhr eines Temperierfluids durch ein von den Strömungskanälen getrenntes Leitungssystems innerhalb der übereinander liegenden Ebenen der Mischapparatur.

[0017] Die mindestens zwei Stoffströme oder der inhomogene Strom kann durch zwischen den übereinander liegenden Ebenen erzeugte Aufteilung in Teilströme eine Verwirbelung aufgeprägt werden. Der Verwirbelung günstig ist die

Ausbildung einer Mischapparatur mit Umlenk- bzw. Ablenkelementen bzw. mehrdimensionaler Einbauten aufweisenden Kanalstrukturen, in denen die vorgemischten Ströme der zwei getrennten Stoffströme oder Teilströme des inhomogenen Stromes zugeführt werden. In solcher Art beschaffenen Mischapparaturen können sowohl Fluide in flüssiger als auch in Gasphase verarbeitet werden.

[0018] Der Wirkungsgrad des mit dem erfindungsgemäßen Verfahrens erzielbaren Mischung mindestens zweier separater Stoffströme oder die Homogenisierung eines inhomogenen Stromes kann durch das Hintereinanderschalten mehrerer Mischungsapparaturen erheblich gesteigert werden.

[0019] Mittels des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens führt eine Querschnittsflächenverjüngung der Trennungsquerschnitte in den übereinander liegenden Ebenen bei den mindestens zwei separaten Stoffströmen oder dem inhomogenen Strom zu deren Dehnung. Eine weitere feinere Unterteilung kann durch eine Aufästelung der Strömungskanäle für die Fluidkomponenten innerhalb der Mischapparatur in Strömungsrichtung in deren übereinander liegenden Ebenen erreicht werden. Eine Umschichtung und damit eine weiter verbesserte Vermischung der durch die Mischapparatur geführten Komponenten kann an den mindestens zwei separaten Stroffströmen oder dem zu homogenisierenden Strom dadurch erzielt werden, daß die Ströme oder die Teilströme der beteiligten Komponenten in parallelen Strömungsebenen miteinander gekreuzt und/oder geteilt werden und sich dort eine Mischung einstellt. Mittels des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens erfolgt somit ein hintereinander geschaltetes Teilen bzw. Umschichten sowie ein Dehnen der in den Strömungskanälen geführten Fluidkomponenten durch Hintereinanderschaltung von Zonen mit erweiterten und Zonen mit verringerter Querschnittsfläche.

[0020] Die Aufgabe wird ferner durch die Merkmale des unabhängigen Anspruches 12 gelöst, wonach bei einer Vorrichtung zur Mischung mindestens zweier Stoffströme oder zum Homogenisieren eines inhomogenen Stromes in eine Mischapparatur zwei übereinander liegende Schichten angeordnet sind, die mindestens zwei Stoffströme oder den inhomogenen Strom führen und aufteilen, wobei ein oberhalb der übereinander angeordneten Schichten eine Zufuhrebene und eine Ableitebene aufgenommen sind und beidseits einer einen oder mehrere Stoffströme trennenden Ebenen mit im wesentlichen mäanderförmig konfigurierten Kanalstrukturen angeordnet sind.

[0021] Mit der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Apparatur, die im wesentlichen aus übereinander geschichteten Ebenen parallelen Plattenelementen besteht, läßt sich auf einfache Weise eine effiziente Mischung von zwei separaten Stoffströmen oder eines inhomogenen Stromes realisieren. Es läßt sich eine sehr effiziente statische Mischung durch exakte Vorgabe von Strömungs- und Mischraumgeometrien bilden, wobei die einzelnen Mischapparaturen als Modulbaukästen aus mehreren übereinander geschichteten Platten bestehen können, die einfach und kostengünstig gefertigt werden können und die einfach zu reinigen sind. Die beschriebene Mischapparatur kann beispielsweise sehr einfach durch Schrauben oder Gewindestangen oder mit hydraulischen Kräften zusammengehalten werden. Dabei ist die Passgenauigkeit der einzelnen Ebenen zueinander über Zentrierelemente sichergestellt, wobei sich die plattenförmigen Mischebenen sehr leicht bezüglich Oberflächenrauigkeit, Planparallelität und Ebenheit bearbeiten lassen.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Vorrichtung kann die trennende Ebene mit einem Muster von Durchbrüchen versehen sein, durch welche die zu mischenden bzw. der zu homogenisierende Stoffstrom ganz oder teilweise treten kann. Dadurch kann einer Strömungsbewegung der beteiligten Fluidkomponenten in vertikale Richtung eine horizontale Strömungsbewegung aufgeprägt werden, die zu einer Dehnung, Teilung oder Umschichtung und zu einer Vermischung bzw. Homogenisierung beteiligten Fluidkomponenten beiträgt. Die in den Führungsebenen für die beteiligten Fluidkomponenten ausgebildeten und mäanderförmig konfigurierten Kanalstrukturen sind in Durchströmrichtung kontinuierlich verlaufend ausgebildet. Dadurch ist sichergestellt, daß sich in Durchströmungsrichtung gesehen die Mischungsparameter gleichmäßig in den beidseits der trennenden Ebenen angeordneten Führungsebenen ändern. In vorteilhafter Ausgestaltung können die mäanderförmig konfigurierten Kanalstruktukren einander in Bezug auf die Trennebene spiegelbildlich gegenüberliegend angeordnet werden. Dadurch stellen sich beidseits der Trennebene in der Mischapparatur gleiche Strömungs- und Temperaturverläufe und damit gleiche Mischbedingungen ein. Die Stoffströme können auch so durch die Vorrichtung geführt werden, daß die Ebenen von einer Komponente ganz oder teilweise durchsetzt werden können.

[0023] Zur Aufteilung der zwei separaten Ströme bzw. zur Trennung des inhomogenen Stromes in Teilströme sind an der Trennebene in der Mischapparatur Trennungskanten ausgebildet. Die Trennungskanten sind an jedem in der Trennebene ausgeführten Durchbrüche des Musters von Öffnungen in der trennenden Ebene ausgebildet. Die Kanalstrukturen, die zur Führung bzw. Aufteilung der zwei separaten Fluidströme bzw. der Aufteilung des inhomogenen Stromes dienen, sind mit Längskammern versehen, die untereinander über Durchtrittsöffnungen in Verbindungen stehen. Die Längskammer können in vorteilhafter Weise in Strömungsrichtung gesehen versetzt zueinander angeordnet werden, wodurch sich ein mäanderförmig verlaufender Fluidführungspfad in der jeweiligen Ebene einstellt. Die Längskammern können in vorteilhafter Weise außerdem von Umlenkkanten begrenzt sein, die beispeilsweise in einem Winkel von 45° in Bezug auf die Durchströmungsrichtung angeordnet sein können und die die mindestens zwei Stoffströme bzw. den inhomogenen Strom auf die jeweiligen Durchtrittsöffnungen **27** hinlenken, die im wesentlichen entlang der Mittellinie der jeweiligen Führungsebene angeordnet sein können.

[0024] In vorteilhafter Weise lassen sich die einzelnen Ebenen in Bezug auf die Trennebene über Zentrierelemente wie beispielsweise Paßstifte zueinander positionieren und lösbar miteinander verbinden. Dadurch ist zum einen eine exakte Übereinanderlage der mäanderförmig verlaufenden Kanalstrukturen in den Ebenen beidseits der Trennebene sichergestellt, andererseits durch die exakte Anlage der Zentrierelemente eine Abdichtung der Kanalstrukturen nach Außen sichergestellt. Neben einer exakten Plananlage bzw. mit hoher Oberflächengüte gefertigten jeweiligen Führungs- bzw. Trennebene können auch ein separate Abdichtelemente zwischen den einzelnen Ebenen der Mischapparatur vorgesehen werden. Im wesentlichen sind die Zuführebenen zur Vormischung der mindestens zwei separaten Stoffströme bzw. des inhomogenen Stromes die Trennebene sowie die beiden Führungsebenen beidseits der Trennebene und die die gemischten bzw. homogenisierten Ströme abführende Ebene in Plattenbauweise ausgebildet. Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Mischapparatur kann auf konventionellem Span abhebenden Wege gefertigt werden, sie ist aber auch durch aufbauende Verfahren wie beipsielsweise Ätzen, Schichten und gemäß des Liga-Verfahrens in vorteilhafter Weise kostengünstig, einfach und vor allem in Großserien-

produktionen herstellbar, sowohl mit makroskopischen Abmessungen als auch mit Abmessungen, die im Mikrobereich liegen können.

[0025] Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nun nachstehend näher erläutert.

[0026] Es zeigt:

[0027] **Fig.** 1.1 bis 1.5 die einzelnen in einer Mischapparatur über-einander liegend geschichteten plattenförmigen Mischelemente,

[0028] **Fig.** 2 die perspektivische Ansicht einer Mischanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung, bestehend aus fünf übereinander angeordneten Ebenen,

[0029] **Fig.** 3 eine Führungsebene für einen Stoffstrom mit mäanderförmig verlaufender Kanalstruktur,

[0030] **Fig.** 4 eine als Aufteilungsschicht für Stoffströme bzw. zur Aufteilung eines inhomogenen Stromes dienende Trennebene,

[0031] **Fig.** 5 eine zweite Führungsschicht für einen weiteren Stoffstrom bzw. einen Teilstrom eines inhomogenen Stromes mit mäanderförmig zur Kanalstruktur in der Führungsebene gemäß **Fig.** 3 versetzter Kanalstruktur und

[0032] **Fig.** 6 die Draufsicht auf die Führungsebene für einen Stoffstrom gemäß der perspektivischen Darstellung aus **Fig.** 1.4.

[0033] **Fig.** 1.1 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Zuführebene einer erfindungsgemäß vorgeschlagenen Mischapparatur.

[0034] Aus der Darstellung gemäß **Fig.** 1.1 geht eine Zuführschicht **1** hervor, an deren Stirnseiten eine Bohrung **2** bzw. eine weitere Bohrung **3** ausgebildet sind. Die Bohrungen können beispielsweise zur Aufnahme von Verschraubungselementen wie Gewindestangen dienen, mit denen die einzelnen Schichten einer Mischapparatur **21** miteinander lösbar verbunden werden können, um sie gegebenenfalls leichter zu reinigen.

[0035] In der Zuführschicht **1** gemäß **Fig.** 1.1 sind zwei Zuführbohrungen für einen Stoffstrom **1** bzw. für einen Stoffstrom **2** mit dem Bezugszeichen **4** und **5** angedeutet. Die beiden Zuführbohrungen **4** bzw. **5** beaufschlagen gemeinsam eine Vormischzone **6**, die in dünner gezeichneten Linien im Inneren der dicker ausgebildeten Zuführschicht **1.1** angeordnet ist. Die Zone, in dem die über die Bohrungen **4** bzw. **5** in die Zuführschicht **1.1** eingeführten Stoffströme aufeinander treffen, ist oberhalb einer Einmündung in eine erste Strömungsebene **7** gemäß **Fig.** 1.2 positioniert.

[0036] Aus der Darstellung gemäß **Fig.** 1.2 geht eine erste Strömungsebene für einen separaten Stoffstrom bzw. einen Teilstrom eines inhomogenen Stromes hervor.

[0037] In der ebenen Plattenstruktur **7** gemäß **Fig.** 1.2 befinden sich an den Stirnseiten der in einer geringeren Schichtdicke ausgeführten Ebene **7** verglichen mit der Zuführebene **1** gemäß **Fig.** 1.1 an den Stirnseiten die bereits erwähnten Durchgangsbohrungen **2** bzw. **3**. In Strömungsrichtung **11** der Ebene **7** gesehen, erstreckt sich eine mäanderförmig konfigurierte Kanalstruktur von der Zufuhr einer Mischzone **6** im wesentlichen in Strömungsrichtung. Die Kanalstruktur **8** besteht aus beidseitig der Mittellinie der ersten Strömungsebene **7** ausgeführten Längskammern **9**, an deren Enden in Strömungsrichtung **11** gesehen, Umlenkkanten **10** angeordnet sind, die beispielsweise um 45° in Bezug auf die Mittelachse der ersten Strömungsebene **7** geneigt sind und damit den strömenden Komponenten eine Umlenkung aufprägen.

[0038] Aus der Darstellung gemäß **Fig.** 1.3 geht die Trennebene **12** hervor.

[0039] Die Trennebene **12** ist mit einem Muster **13** von Durchbrüchen durchzogen, wobei die Durchbrüche (C_1 bis C_{16}) im wesentlichen unterhalb der Längskammern **9** bzw. der Umlenkelemente **10** der darüber liegenden Schicht ersten Ebenen **7** angeordnet sind. Auch die Teilungsschicht C, Bezugszeichen **12** ist von den Durchgangsbohrungen **2** bzw. **3** an den Stirnseiten durchsetzt, durch welche sich die die Mischapparaturschichten zusammenhaltenden Gewindestangen erstrecken können.

[0040] Unterhalb der Teilungsschicht C, Bezugszeichen **12**, ist gemäß **Fig.** 1.4 eine weitere Ebene **14** angeordnet. In der weiteren Ebene **14** befinden sich an deren Stirnseiten die Durchgangsbohrungen **2** bzw. **3** sowie ein in Durchströmungsrichtung **18** verlaufender mäanderförmiger Kanal, der ausgehend von einer Zuführkammer, aus versetzt zueinander angeordneten Längskammern **16** besteht. Jede der Längskammern **16** ist in Durchströmungsrichtung **18** gesehen von einer unter 45° positionierten Umlenkkante **17** begrenzt, so daß ein die Längskammern **16** passierender Stoffstrom mäanderförmig in Richtung Durchströmungsrichtung **18** die zweite Ebene passiert bevor er sich oberhalb einer Auslaßöffnung mit dem Teilstrom aus der Führungsebene **7** gemäß **Fig.** 1.2 vereinigt.

[0041] Die Auslaßschicht bzw. Ableitschicht **19** ist in der Darstellung gemäß **Fig.** 1.5 gezeigt. Auch diese plattenförmige Ebene der Mischapparatur **21** ist von den Durchgangsbohrungen **2** bzw. **3** durchsetzt. Der Durchgangsbohrung **2** benachbart ist eine Auslaßöffnung **20** dargestellt, in der sich die zwei nunmehr durch Aufästelung bzw. Umschichtung durch vertikalen Strömungsaustausch gemischten zuvor separaten Stoffströme vereinigen bzw. in welche der zuvor inhomogen in die Mischapparatur **21** eingetretene Strom in homogenerer Verteilung der Komponenten aus der Mischapparatur austritt.

[0042] Aus der Darstellung gemäß **Fig.** 2 geht eine perspektivische Ansicht einer Mischapparatur gemäß der vorgeschlagenen Erfindung hervor, wobei die Mischapparatur **21** gemäß der Darstellung aus **Fig.** 2 fünf übereinander liegende Ebenen aufweist. Die Zuführschicht **1** enthält die Bohrungen **2** und **3**, die sich durch die gesamten fünf Schichten erstrecken, aus denen die Mischapparatur **21** gemäß **Fig.** 2 aufgebaut ist. Darüber hinaus sind in der Zuführschicht **1** die Bohrungen **4** und **5** für die Zuleitung getrennter Stoffströme vorgesehen, wobei die Bohrungen **4** und **5** auch zur Einleitung von Teilströmen eines inhomogenen Stromes dienen können. Darunterliegend ist eine erste Führungsebene **7** angeordnet, an die sich die Trennebene **12** gemäß **Fig.** 1.3 anschließt. Unter der Trennebene **12** gemäß **Fig.** 1.3 ist eine weitere Führungsebene, Bezugszeichen **14**, eingefügt, unter die die in **Fig.** 1.5 in perspektivischer Darstellung wiedergegebene Auslaßebene **19** angeordnet ist. In der in **Fig.** 2 dargestellten Konfiguration besteht die Mischapparatur **21** aus fünf übereinander geschichteten plattförmigen Elementen und weist eine Längserstreckung **22** sowie eine von der Anzahl übereinander geschichteter Ebenen **1**, **7**, **12**, **14**, **19** abhängige Gesamthöhe **23** auf.

[0043] Aus der Darstellung gemäß **Fig.** 3 geht die erste Ebene zur Führung eines Teilstromes eines inhomogenen Stromes bzw. zur Führung eines separaten Stoffstromes näher hervor.

[0044] Mit Position **2** bzw. **3** sind die Durchgangsbohrungen für Gewindestangen bzw. andere Schraubelemente bezeichnet, mit denen die einzelnen Plattenkomponenten einer Mischapparatur **21** gemäß der vorgeschlagenen Erfindung miteinander verbunden werden können.

[0045] In Strömungsrichtung **11** gesehen, erstreckt sich von einem Anschluß an die Vormischzone in der Zuführebene **1** gemäß **Fig.** 1.1 eine teilweise gestrichelte Darstellung wiedergegebene Längskammer **9**. Die Längskammer **9** ist von der gegenüberliegenden Längskammer **9** durch einen Mittelsteg **24** getrennt, an den sich eine Durchtrittsöffnung

27 anschließt. Die Durchtrittsöffnung 27, im wesentlichen in der Mittelachse der Zufuhrebene 7 angeordnet, stellt eine Verbindung zwischen den beiden Längskammern 9 dar, wodurch der in die eine Längskammer 9 eintretende Stoff bzw. Teilstrom in die gegenüberliegende dazu versetzt angeordnete Längskammer 9 übertreten kann. An die Längskammer 9 schließen sich jeweils um 45° geneigt positionierte Umlenkkanten 10 an, wobei die zwischen den versetzt zueinander orientierten Längskammern 9 vorgesehenen Durchtrittsöffnungen einerseits durch das Ende des Mittelsteges 24 und andererseits durch den Auslauf der Umlenkkanten begrenzt sind. Die Kanalstruktur in der ersten Führungsebene besteht gemäß der Darstellung in Fig. 3 aus acht miteinander in Verbindung stehenden Längskammern, die jeweils durch Mittelstege 24 teilweise voneinander getrennt sind sowie durch Durchtrittsöffnungen 27 miteinander in Verbindung stehen. Jeweils vier Längskammern 9 sind auf einer Seite der Symmetrielinie der ersten Strömungsebene liegend angeordnet während die anderen vier Längskammern versetzt zu diesen in der Strömungsebene 7 angeordnet sind. Die Längskammern, jeweils begrenzt durch Seitenwände 25, münden oberhalb einer Auslaßöffnung 20 (vergleiche Fig. 1.5).

[0046] Aus der Darstellung gemäß Fig. 4 geht die Trennebene der Mischapparatur gemäß der vorliegenden Erfindung näher hervor.

[0047] Die Trennebene 12, verglichen mit der Zufuhrebene 1 bzw. der ersten Strömungsebene 7 wesentlich dünner ausgebildet, enthält ebenfalls die Durchgangsbohrungen 2 und 3. Darüber hinaus sind in der Trennebene 12 gemäß der Fig. 4 die der Vormischzone 6 zugeordnete Öffnung dargestellt sowie das Muster von Durchbrüchen. An jedem der Durchbrüche, die von C_1 bis C_{16} durchnumeriert sind, befinden sich Teilungskanten 28, durch welche sich die einzelnen in den Ebenen 7 bzw. 14 (vergleiche Fig. 5) strömenden Fluidströme bzw. Teilströme weiter verästeln lassen. Die in Fig. 5 dargestellte zweite Strömungsebene 14 ist in der Mischapparatur 21 gemäß Fig. 2 unterhalb der Aufteilungsschicht 12 angeordnet.

[0048] Die in gleicher Materialstärke ausgeführte zweite Strömungsebene 14 enthält in Durchströmungsrichtung 18 gesehen hintereinander geschaltete bzw. versetzt zueinander angeordnete Längskammern 16. Die Längskammern 16 sind jeweils durch einen Mittelsteg 24, eine Bodenfläche 26 sowie eine Seitenkante 25 und eine um 45° zur Durchströmungsrichtung 18 geneigte Umlenkkante 17 begrenzt. Zwischen den Enden der Umlenkkanten 17 sowie den Mittelstegen 24 sind zwischen den Längskammern 16 Durchtrittsöffnungen 27 gebildet, durch welche das über die Vormischzone 6 zugeführte Fluid mäanderförmig die zweite Strömungsebene 14 durchströmt. Nach Passage sämtlicher hintereinander geschalteter Längskammern 16, in Strömungsrichtung 18 in vertikaler Strömungsrichtung gesehen, tritt das entsprechend verwirbelte bzw. gemischte Fluid in eine Auslaßöffnung 20 ein.

[0049] Durch die zwischen den beiden Strömungsebenen 7 bzw. 14 vorgesehene Teilungsebene 12 vermag das in die Kanalstrukturen 8 bzw. 15 in den Strömungsebenen 14 bzw. 17 eintretende Fluid nicht nur in vertikaler Richtung durch die Ebenen zu strömen, sondern der Vertikalströmung wird eine in horizontaler Richtung gerichtete Austauschströmung überlagert, so daß die einzelnen separat lediglich vorgemischten Stoffströme eine Vermischung mit den jeweils in der darüber bzw. darunter liegenden Strömungsebene 7 bzw. 14 strömenden Teilströmen erfahren.

[0050] Aus der Darstellung gemäß Fig. 6 geht die Draufsicht auf die zweite Strömungsebene 14 detaillierter hervor.

[0051] An den Stirnseiten der zweiten Ebene 14 befinden sich die beiden Durchgangsbohrungen 2 und 3, mit denen die einzelnen Ebenen der Mischapparatur 21 gemäß Fig. 2 miteinander lösbar verbunden sind. Ausgehend von der Vormischzone 6, die in der Zeichenebene nicht dargestellt, in der Zuführebene 1 gemäß Fig. 1.1 liegt, strömt ein separater Stoffstrom oder ein Teilstrom eines inhomogenen Stromes von der Vormischzone aus in die Längskammer 16 ein. Zwischen der Begrenzungswand der Vormischzone 6 und der Längskammer 16 ist eine erste Umlenkkante 17 angeordnet, an die sich ein Mittelsteg 24 anschließt. Gegen Ende der ersten Längskammer 16 ist eine weitere Umlenkkante 17 angeordnet, wodurch der aus der ersten Längskammer 16 austretende Stoffstrom durch die Durchtrittsöffnung 27 in die versetzt zu diesem angeordnete nächste Längskammer 16 eintritt. Dadurch wird dem in die erste Ebene 14 eingetretenen separaten Stoffstrom bzw. dem Teilstrom eines inhomogenen Stromes eine mäanderförmige Strömung aufgezwungen, bis dieser durch die Auslaßöffnung 20 gemäß Fig. 1.5 in der Auslaßebene 19 die Mischapparatur 21 gemäß Fig. 2 wieder verläßt.

[0052] Mittels der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Mischapparatur können mindestens zwei Stoffströme gemischt werden oder es kann eine Homogenisierung eines inhomogenen Stromes erreicht werden. Daneben läßt sich die erfindungsgemäß vorgeschlagene Mischapparatur 21 auch zur Dispergierung verwenden. Der Mischvorgang beim Mischen zweier Stoffströme läuft wie folgt ab: Der Stoffstrom 1 tritt über die Bohrung 4 in die Zuführschicht 1 der Mischapparatur 1, der Stoffraum 2 hingegen über die Bohrung 5 in der Zuführschicht 1 gemäß Fig. 1.1. Beide Ströme vereinigen sich in dem von den mit Bezugszeichen 6 bezeichneten Öffnungen in den Ebenen 7, 12 und 14. An der in Fig. 4 mit Bezugszeichen C_1 gekennzeichneten Teilungskante 28 wird der vorgemischte Strom geteilt. Ein Teilstrom strömt in die Kanalstruktur der ersten Strömungsebene 7, der verbleibende Teil in der Kanalstruktur der unterhalb der Aufteilungsebene 12 liegenden zweiten Strömungsebene. Die beiden in den unterschiedlichen, jedoch übereinander liegenden und miteinander über die Durchbrüche C_1 bis C_{16} verbundenen Kanalstrukturen strömenden Teilströme werden nun gedehnt, weil sich der Strömungsquerschnitt in den Kanalstrukturen der Strömungsebenen 7 bzw. 14 im weiteren Strömungsverlauf allmählich verringert. Der Strom in der Strömungsebene 7 erfährt nun eine Teilung am mit C_2 bezeichneten Fenster der Aufteilungsebene 12. Ein Teilstrom strömt in der Kanalstruktur gemäß der Strömungsebene 7 weiter, während der andere Teilstrom über ein weiteres Fenster C_3 in die Kanalstruktur der Ebene 14 übergeht, wo er sich mit dem dort strömenden Teilstrom vereinigt. Der Teilstrom in der Führungsebene 14 wird hingegen am Fenster C_2 geteilt, wodurch ein Teilstrom in der Kanalstruktur der zweiten Strömungsschicht 14 weiterströmt, während der andere über das Fenster C_2 in die Kanalstruktur der Strömungsebene 7 übertritt, wo er sich mit dem dort strömenden Teilstrom vereinigt.

[0053] Im weiteren Verlauf wiederholt sich die Aufästelung bzw. die in vertikaler Richtung erfolgende Austauschbewegung der einzelnen Teilströme miteinander, bis beide Ströme sich in dem oberhalb der Auslaßöffnung 20 gebildeten Hohlraum vereinigen. Aus der Auslaßöffnung 20 in der Auslaßebene 19 der Mischapparatur 21 tritt das gemischte Produkt aus der Mischapparatur 21 aus. Durch Hintereinanderschaltung mehrerer Mischapparaturen 21 gemäß Fig. 2 kann die Mischwirkung wesentlich erhöht werden. Zwischen die einzelnen Mischapparaturen 21 lassen sich Wärmetauscher zwischenschalten, an denen jeweils eine Temperierung der zu mischenden Fluidkomponenten erfolgen kann.

[0054] An den erfindungsgemäß vorgeschlagenen Misch-

apparaturen **21** kann neben den eigentlichen Reaktionszonen zur Vermischung der separaten Stoffströme bzw. zur Homogenisierung des Stoffstromes auch Hilfszonen ausgebildet sein, die beispielsweise zum Dosieren, Heizen, Kühlen oder Analysieren der Ausgangsstoffe oder der Endprodukte dienen. Jede Zone kann dabei durch einen an die jeweiligen Anforderungen angepaßten Aufbau charakterisiert werden. Während Heiz- und Kühlzonen entweder als Wärmetauscher oder mit elektrischen Widerstandsheizungen bzw. elektrischen Kühleelementen ausgerüstete Reaktorabteile ausgebildet sind, können Analysenzonen angepaßte Sensoren aufweisen. Dosierzonen hingegen enthalten Mikroventile und geeignet ausgeführte Drosselelemente. Zur Herstellung der Mischapparatur können unterschiedliche Substrate eingesetzt werden, z. B. lassen sich Metallfolien einsetzen beispielsweise Stahl, Edelstahl, Kupfer oder Aluminiumfolien geringer Dicke. Es können jedoch auch mit Metall beschichtete Folien eingesetzt werden, beispielsweise Kunststoff-, Glas- oder Keramikwerkstoffe, die ein- oder beidseitig mit Metall beschichtet sein können; beispielsweise Kupferfolien mit kaschiertem Epoxidharz oder Polyimidlaminate.

[0055] Andere chemisch beständige Materialien sind u. a. Polytetrafluorethylen oder andere halogenierte Polyalkane. Derartig chemisch beständige Materialien lassen sich beispielsweise durch Plasma unterstützte chemische Gasphasenabscheidung (PECVD) aktivieren. Auf solchen aktivierten Oberflächen lassen sich durch stromlose Metallabscheidung beispielsweise haftfeste Nickel-/Phosphor- oder Kupferschichten ausbilden. Es ist auch eine haftfeste Beschichtung von Glas oder Keramikwerkstoffen möglich. Neben einer Span abhebenden Fertigung, ist die Herstellung einer erfindungsgemäß vorgeschlagenen Mischapparatur auch auf dem aufbauenden Wege möglich. Dazu eignen sich Fertigungsverfahren wie das Ätzen, das Plattieren, die Liga-Technik, Litographie sowie andere Schicht aufbauende Verfahren, nach welchen die erfindungsgemäß vorgeschlagenen Mischapparatur sowohl für Anwendungen im Makrobereich als auch für miniaturisierte Anwendungen im Mikrobereich angewendet werden kann.

[0056] Neben den Kanalstrukturen **8** bzw. **15** in den Führungsebenen **7** bzw. **14** können auch andere Funktionen auf den plattenförmig ausgebildeten Ebenen integriert sein. Zum einen können Aktoren und Sensoren in die Mischapparatur **21** integriert werden. Bei den Aktoren handelt es sich um extern oder durch Meßsignale automatisch ansteuerbare Schaltglieder, beispielsweise Ventile, aber auch elektrische Widerstandsheizungen oder nach dem Pelltiereffekt funktionierende Kühlelemente. Statische Mischer, in denen Aktoren und Sensoren vorgesehen sind, lassen sich bei geeigneter regelungstechnischer Verknüpfung von Aktoren und Sensoren lokal optimieren. Gleichzeitig können die Sensorsignale für die externe Überwachung des Zustandes des statischen Mischers hinsichtlich Alterung, Vergiftung von Katalysatoren o. ä. Parameter verwendet werden. Neben einer mit einem mit Gewindestangen oder über hydraulische Preßelemente vorgesehenen Verbindung und damit Abdichtung der Ebenen **1, 7, 12, 14** und **19** einer Mischapparatur **21** gemäß **Fig.** 2 können die Ebenen nach DIN 8593 durch Pressen, Löten, Schweißen oder Kleben zusammengefügt werden. Die Auswahl der verwendeten Technik hängt von den Betriebsparametern des Mischers ab. Als Betriebsparameter sind zu nennen temperaturdruckmechanische Belastung sowie die mechanische, physikalische und chemische Zusammensetzung der Reaktionskomponenten der separaten Stoffströme **1** bzw. **2** oder des inhomogenen Stromes. Bei der Auswahl der Werkstoffe, aus denen die erfindungsgemäß vorgeschlagene Mischapparatur gefertigt werden kann, ist auf deren chemische Beständigkeit abzustellen.

Bezugszeichenliste

1 Zuführschicht
2 Durchgangsbohrung
3 3 Durchgangsbohrung
4 Zufuhr Stoffstrom **1**
5 Zufuhr Stoffstrom **2**
6 Vormischzone
7 erste Strömungsebene A
8 Kanalstrukturverlauf A
9 Längskammer
10 Umlenkkante
11 Durchströmungsrichtung
12 Teilungsschicht C
13 Teilungsmuster C_1 bis C_{16}
14 zweite Strömungsebene B
15 Kanalstruktur B
16 Längskammer
17 Umlenkkante
18 Durchströmungsrichtung
19 Auslaßschicht
20 Auslaßöffnung D
21 Mischapparatur
22 Längserstreckung
23 Höhe
24 Mittelsteg
25 Seitenrand
26 Bodenfläche
27 Durchtrittsöffnung
28 Teilungskanten

Patentansprüche

1. Verfahren zur Mischung mindestens zweier Stoffströme oder zum Homogenisieren eines inhomogenen Stromes in einer Mischapparatur (**21**) mit nachfolgenden Verfahrensschritten:
 - dem mäanderförmigen Führen mindestens zweier Stoffströme oder eines inhomogenen Stromes in mindestens zwei übereinander liegenden Ebenen (**7, 14**),
 - dem in Durchströmungsrichtung (**11, 18**) gesehen kontinuierlichen Verringern der Strömungsquerschnitte in den übereinanderliegenden Ebenen (**7, 14**) und
 - dem kontinuierlich erfolgenden Aufteilen der Stoffströme oder des inhomogenen Stromes an Durchbrüchen (**13**) zwischen den übereinander liegenden Ebenen (**7, 14**).

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Stoffströme (**1, 2**) oder der inhomogene Strom in eine in einer Zuführschicht (**1**) vorgesehene Vormischzone (**6**) eintreten.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß den Stoffströmen (**1** bzw. **2**) oder dem inhomogenen Strom eine der Durchströmungsrichtung (**11, 18**) überlagerte Austauschbewegung durch die Durchbrüche (**13**) überlagert ist.

4. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die aus den mindestens zwei Stoffströmen (**1, 2**) oder dem inhomogenen Strom gebildete Teilströme sich abströmseitig in einem Hohlraum (**20**) vereinigen.

5. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Stoffströme (**1, 2**) oder der inhomogene Strom während des Führens

durch die übereinander liegenden Ebenen (**7, 14**) elektrisch temperiert wird.

6. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Stoffströme (**1, 2**) oder der inhomogene Strom während des Führens durch die übereinander liegenden Ebenen (**7, 14**) mittels eines Fluides temperierbar ist.

7. Verfahren gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß den mindestens zwei Stoffströmen oder dem inhomogenen Strom durch die zwischen den übereinander liegenden Ebenen (**7, 14**) erfolgende Aufteilung in Teilströme eine Verwirbelung aufgeprägt werden kann.

8. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Stoffströme (**1, 2**) oder der inhomogene Strom mindestens eine hintereinander geschaltete Mischapparatur (**21**) durchlaufen.

9. Verfahren gemäß einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch Querschnittsflächenverringerung der Strömungsquerschnitte in den Ebenen (**7, 12, 14**) die mindestens zwei Stoffströme oder der inhomogene Strom gedehnt werden.

10. Verfahren gemäß einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der Mischappratur (**21**) in Durchströmungsrichtung (**11, 18**) die mindestens zwei Stoffströme oder der inhomogene Strom aufgeästelt werden.

11. Verfahren gemäß einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zu mischenden mindestens zwei Stoffströme oder der zu homogenisierende Teilstrom umgeschichtet werden, in dem die Ströme oder Teilströme in parallelen Strömungsebenen gekreuzt werden.

12. Vorrichtung zur Mischung mindestens zweier Stoffströme oder zum Homogenisieren eines inhomogenen Stoffstromes in einer Mischapparatur (**21**) mit mehreren übereinander angeordneten Schichten (**7, 12, 14**) zur Führung und Aufteilung der mindestens zwei Stoffströme eines inhomogenen Stromes, mit einer Zuführebene (**1**) und einer Ableitebene (**19**), dadurch gekennzeichnet, daß beidseits einer einen oder mehrere Stoffströme trennenden Ebene (**12**) Ebenen (**7, 14**) mit im wesentlichen mäanderförmig konfigurierten Kanalstrukturen (**8, 15**) angeordnet sind.

13. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die trennende Ebene (**12**) mit einem Muster (**13**) von Durchbrüchen C_1 bis C_{16} versehen ist.

14. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanalstrukturen (**8, 15**) in Durchströmungsrichtung (**11, 18**) kontinuierlich verlaufen.

15. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die mäanderförmig konfigurierten Kanalstrukturen (**8, 15**) einander in Bezug auf die Trennebene (**12**) im zusammengebauten Zustand spiegelbildlich gegenüberliegen.

16. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß an der trennenden Ebene (**12**) Teilungskanten (**28**) ausgebildet sind.

17. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß Kanalstrukturen (**8, 15**) Längskammern (**9, 16**) enthalten, die untereinander über Durchtrittsöffnungen in Verbindung stehen.

18. Vorrichtung gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Längskammer (**9, 16**) von Umlenkkanten (**10, 17**) begrenzt sind, die die mindestens zwei Stoffströme oder den inhomogenen Strom auf die Durchtrittsöffnungen (**27**) hin lenken.

19. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Ebenen (**7, 12, 14**) über Zentrierelemente zueinander positioniert werden und lösbar miteinander verbunden sind.

20. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Ebenen (**7** und **14**) planparallel zueinander ausgeführt sind.

21. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Mischapparatur sowohl für makroskopische Anwendungen dimensioniert werden kann als auch für im Mikrobereich vorzunehmende Anwendungen dimensioniert werden kann.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1.5

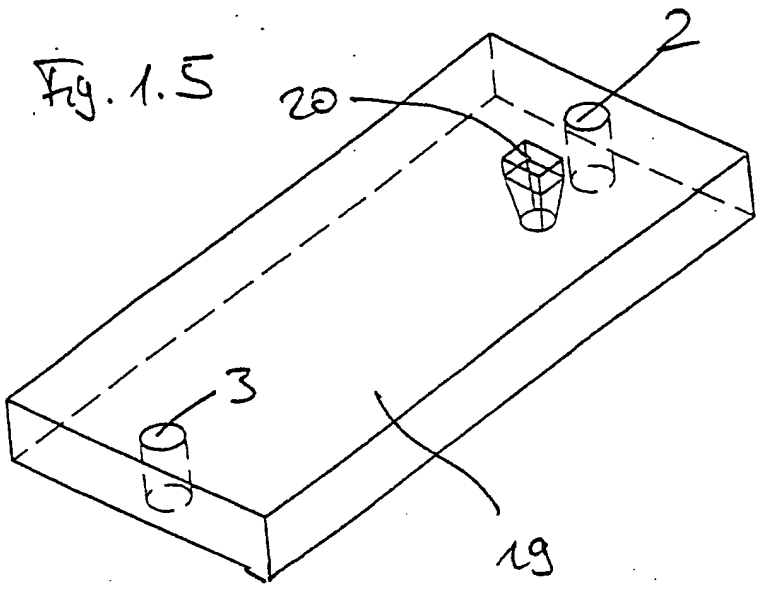
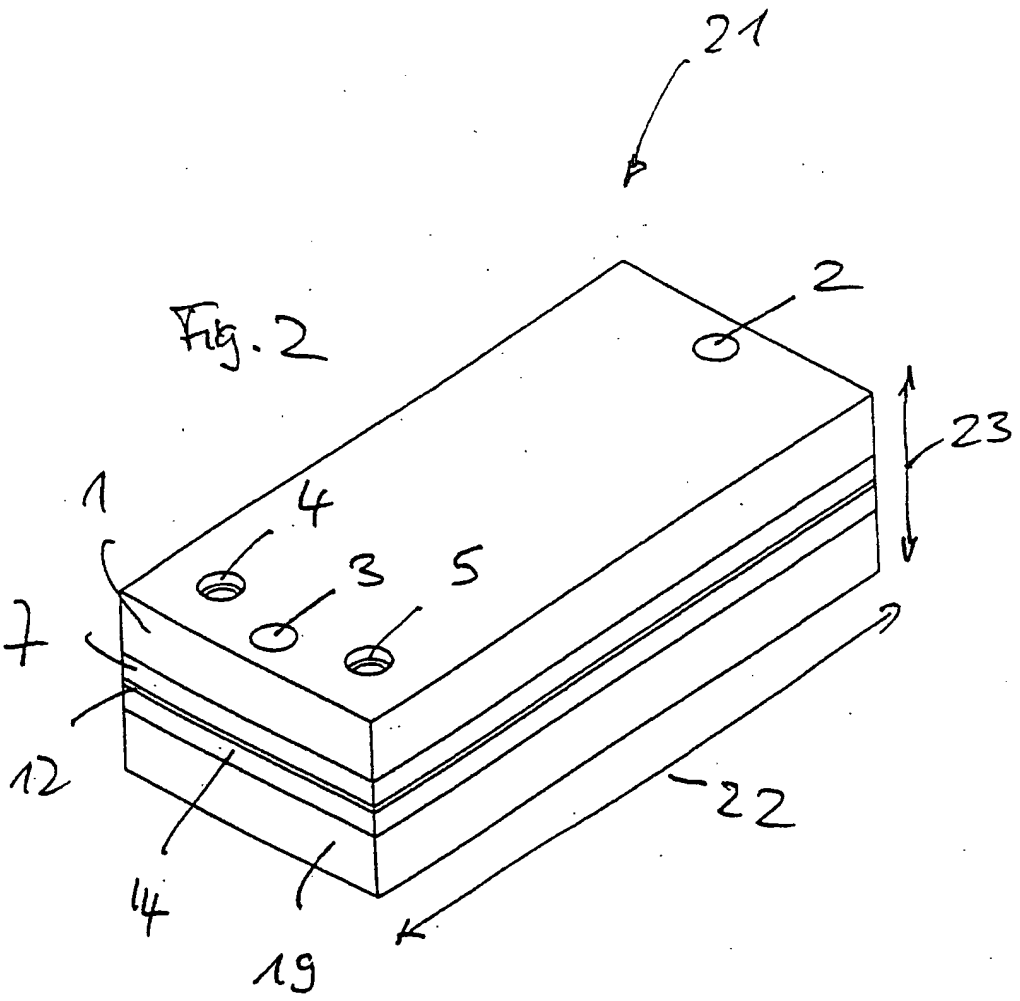


Fig. 2



Int. Cl.[7]: **B 01 F 5/02**
Offenlegungstag: 1. August 2002

Fig. 1.1

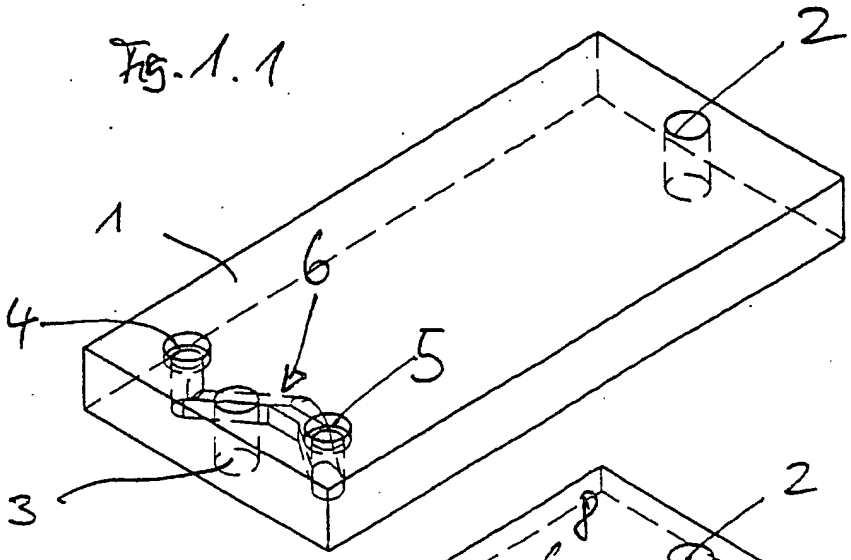


Fig. 1.2

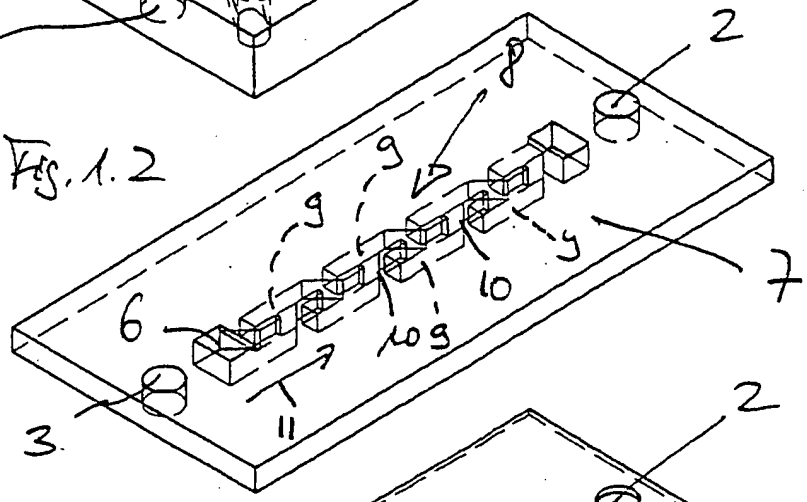


Fig. 1.3

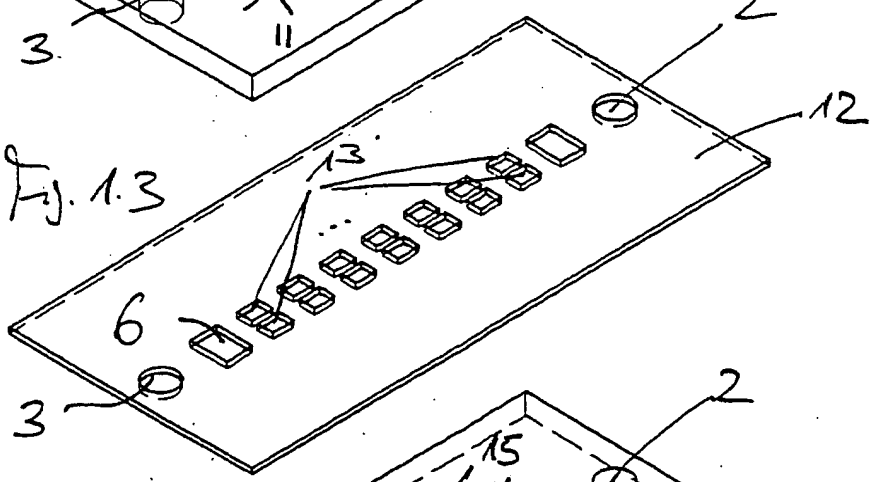


Fig. 1.4

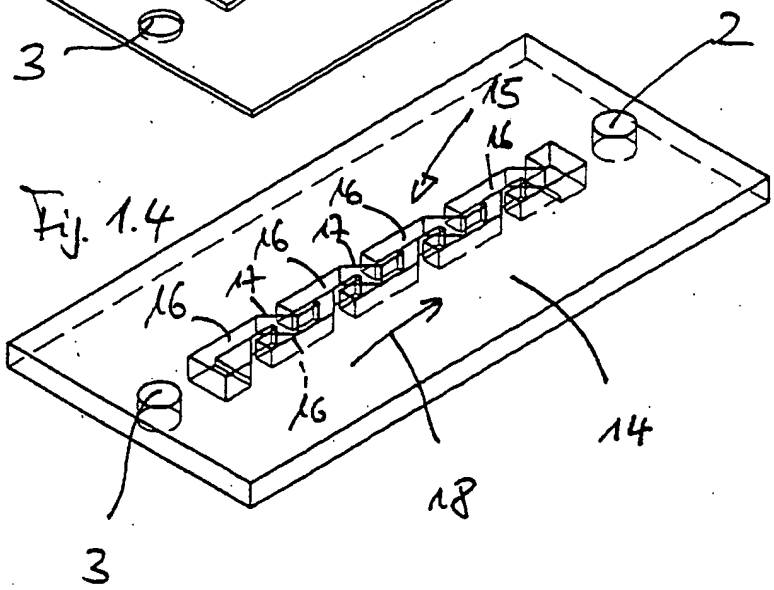
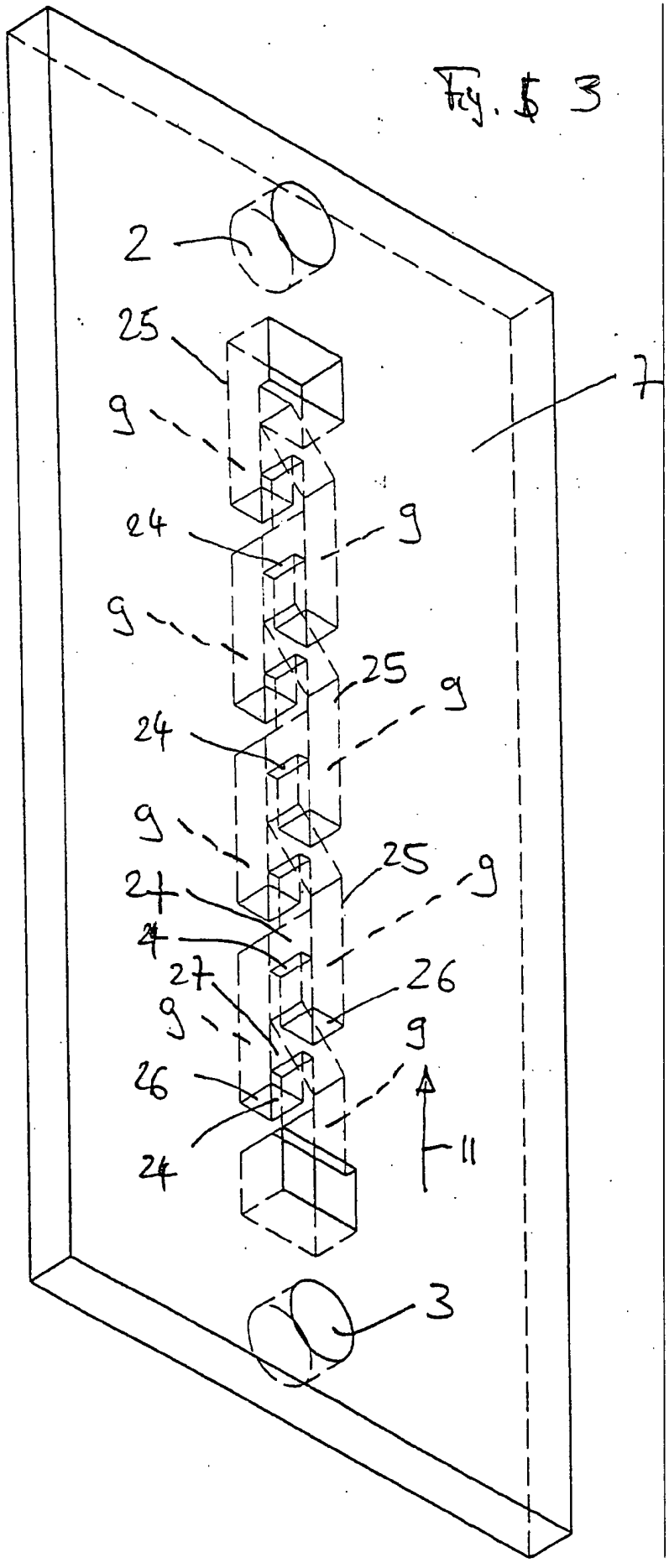


Fig. 5



Int. Cl.[7]: **B 01 F 5/02**
Offenlegungstag: 1. August 2002

Fig. 4

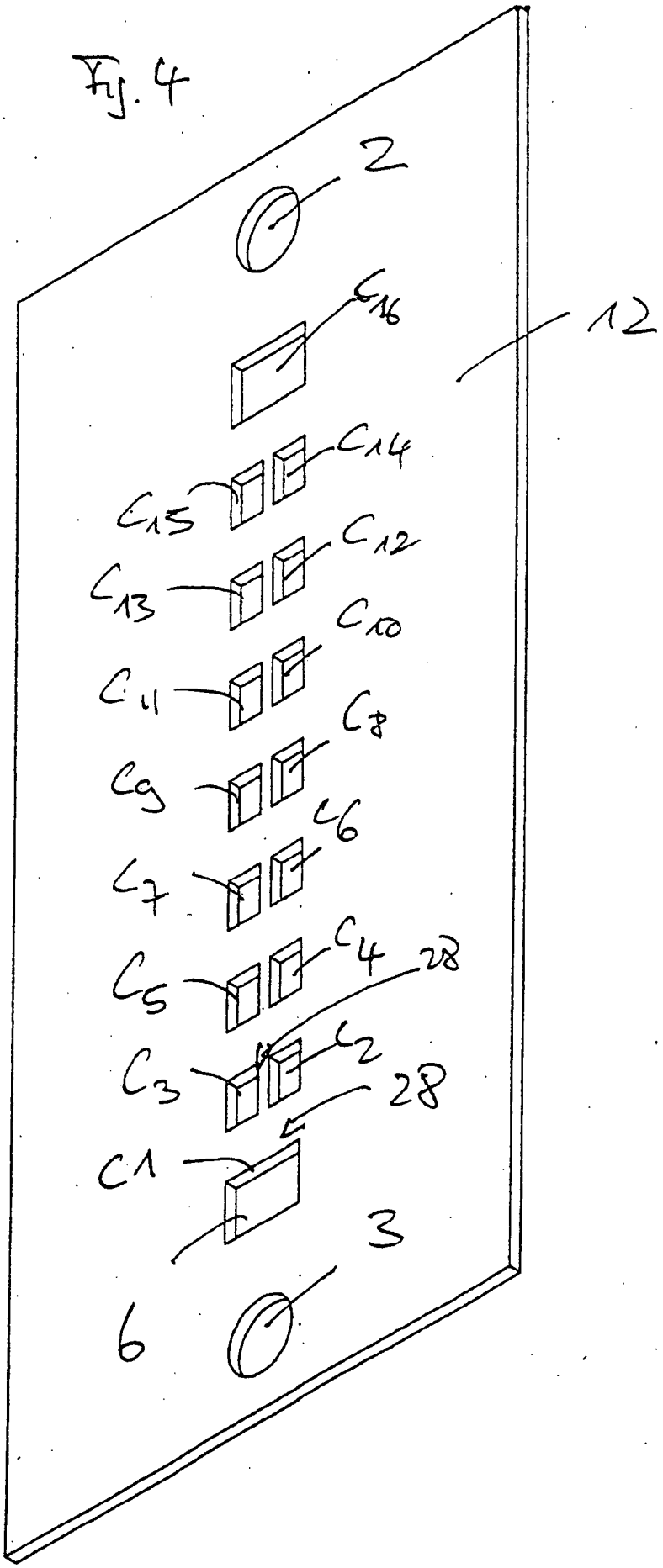
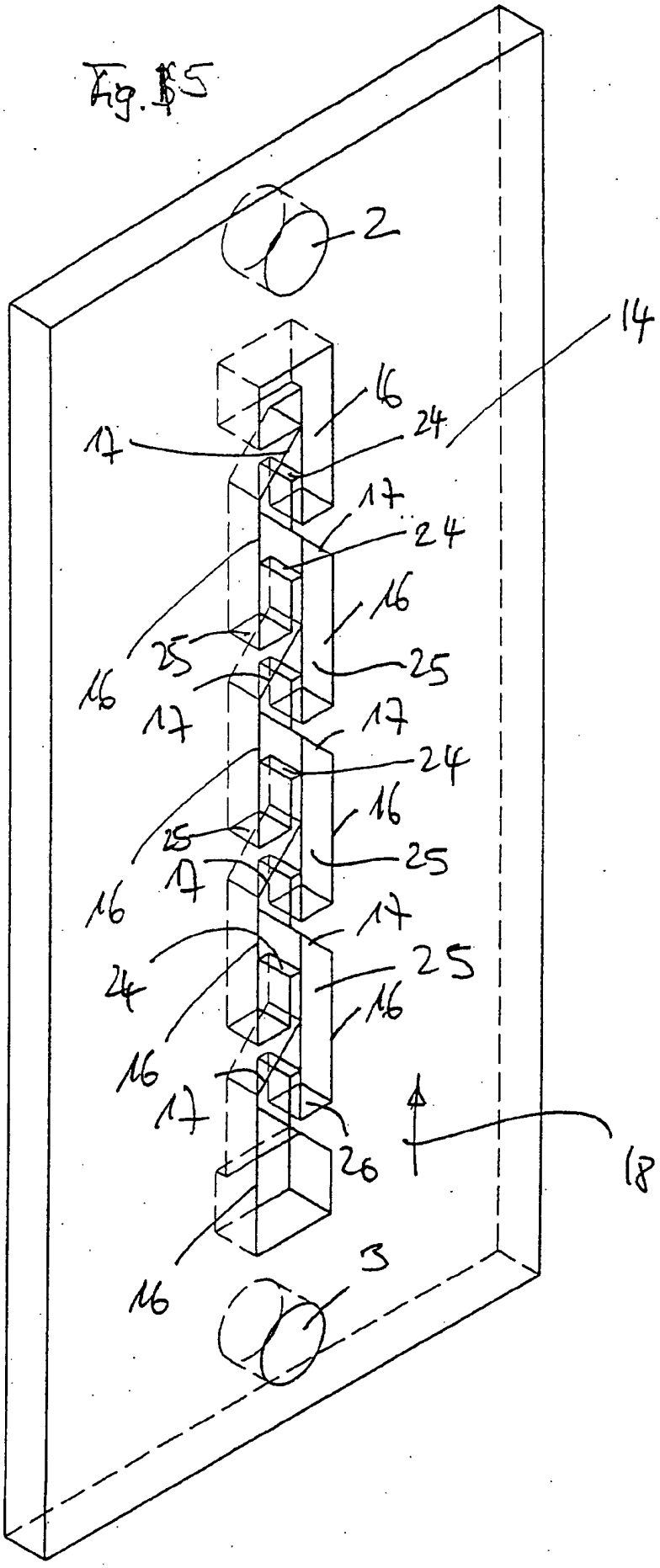


Fig. 5


2
14
16
24
17
17
24
16
25
25
16
17
17
24
16
25
25
16
17
17
24
25
16
16
17
26
18
3
16

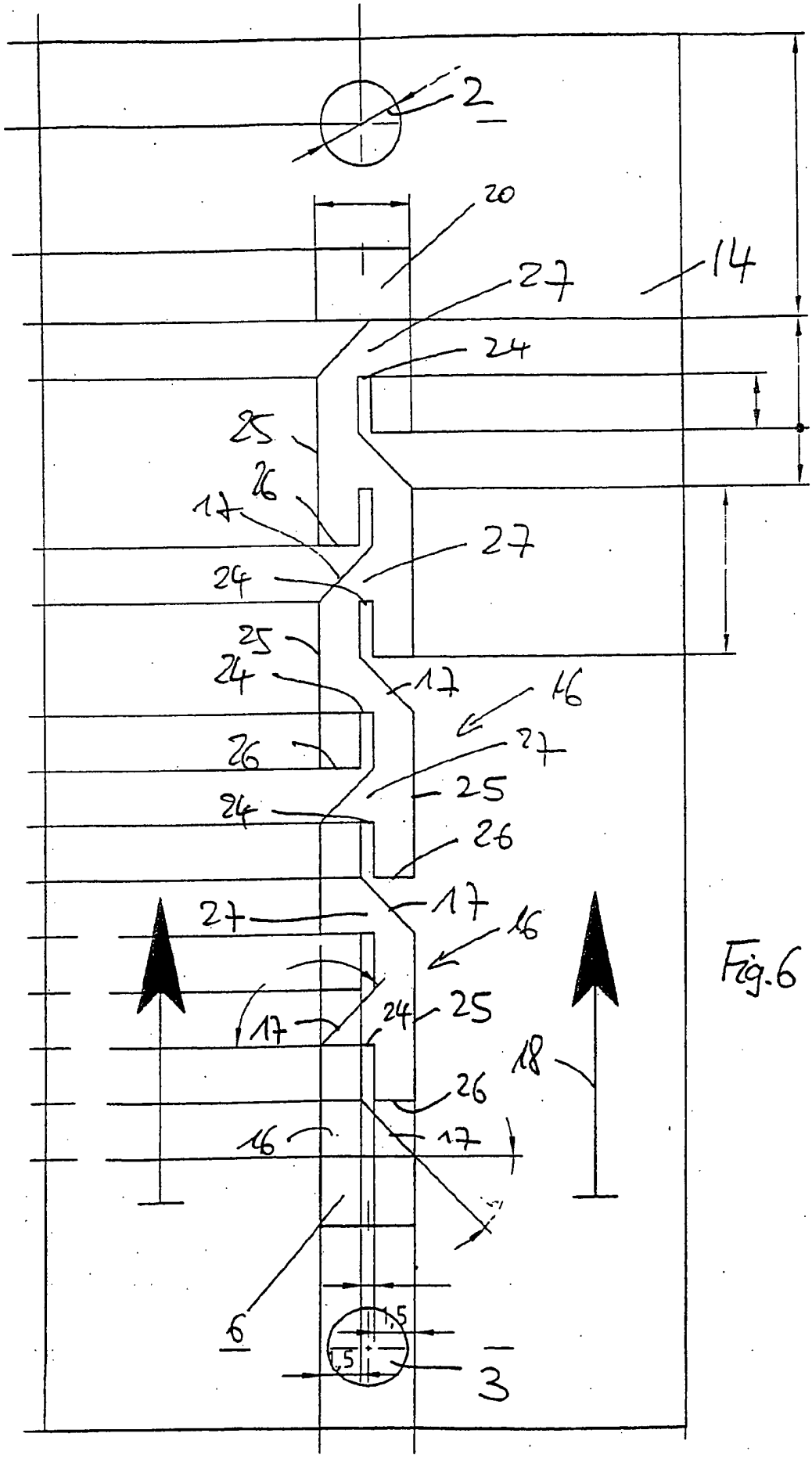

2
20
14
27
24
25
26
17
27
24
25
24
17
16
27
26
25
24
26
27
17
16
17
24
25
18
26
16
17
6
1,5
1,5
3

Fig.6

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☑ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☑ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.
As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.